

Konrad Reif

# Automobilelektronik

Eine Einführung für Ingenieure

3., überarbeitete Auflage

Mit 267 Abbildungen und 36 Tabellen

STUDIUM | ATZ/MTZ-Fachbuch



# Inhalt

Vorwort .....	V
<b>1 Bussysteme .....</b>	<b>1</b>
1.1 Grundlagen digitaler Bussysteme .....	2
1.1.1 Grundbegriffe .....	2
1.1.2 Das ISO/OSI-Referenzmodell .....	3
1.1.3 Kommunikationsprinzipien .....	6
1.1.4 Protokollprinzipien .....	6
1.1.5 Topologien .....	7
1.1.6 Systembausteine zur Kopplung von Bussystemen .....	7
1.1.7 Buszugriffsverfahren .....	8
1.1.8 Prinzipien der Datensicherung und der Fehlerkontrolle .....	10
1.2 Bussysteme im Fahrzeug .....	13
1.2.1 Anforderungen an Bussysteme im Fahrzeug .....	13
1.2.2 CAN .....	14
1.2.3 LIN .....	20
1.2.4 Flexray .....	23
1.2.5 MOST .....	32
1.2.6 Kommunikationsarchitekturen im Fahrzeug .....	34
<b>2 Echtzeitbetriebssysteme .....</b>	<b>35</b>
2.1 Allgemeines zu Echtzeitbetriebssystemen .....	35
2.1.1 Grundlegende Begriffe .....	35
2.1.2 Echtzeitbegriffe .....	36
2.1.3 Prozess und Prozesszustände .....	39
2.1.4 Kontextwechsel .....	39
2.1.5 Scheduling .....	40
2.1.6 Vertreter von Echtzeitbetriebssystemen .....	41
2.2 OSEK/VDX .....	42
2.2.1 Historie .....	42
2.2.2 Grundlegende Eigenschaften von OSEK-Betriebssystemen .....	42
2.2.3 Betriebsmittel .....	44
2.2.4 Skalierbarkeit .....	47
2.2.5 Prioritätssteuerung .....	47
2.2.6 Konfiguration .....	48
2.2.7 Hochlauf .....	50
2.2.8 Kommunikation .....	51
2.2.9 Netzwerk-Management .....	51
2.2.10 OSEK/VDX-Erweiterungen .....	51
2.3 AUTOSAR .....	52

<b>3 Funktions- und Softwareentwicklung</b> .....	55
3.1 Charakteristika eingebetteter Systeme im Fahrzeug .....	56
3.1.1 Grundbegriffe der Systemtheorie .....	56
3.1.2 Strukturierung, Modellierung und Beschreibung .....	56
3.1.3 Steuergeräte und Mikrocontroller .....	59
3.1.4 Zuverlässigkeit, Sicherheit und Überwachung .....	61
3.2 Vorgehensmodelle, Normen und Standards .....	61
3.2.1 Normen und Vorgehensmodelle .....	62
3.2.2 Übergreifende technische Standards .....	65
3.3 Funktions- und Softwareentwicklung nach dem V-Modell .....	66
3.3.1 Konkretisierung des V-Modells .....	66
3.3.2 Anforderungsmanagementprozesse .....	68
3.3.3 Architekturfestlegung .....	70
3.3.4 Komponentenfestlegung .....	73
3.3.5 Integration .....	75
3.3.6 Applikation .....	76
3.3.7 Abnahme .....	77
3.4 Methoden in der Funktions- und Softwareentwicklung .....	78
3.4.1 Anforderungsmanagement .....	78
3.4.2 Testmethoden .....	83
<b>4 Sensorik</b> .....	89
4.1 Sensoren und ihre Eigenschaften .....	89
4.1.1 Grundbegriffe .....	89
4.1.2 Intensive und extensive Messgrößen .....	90
4.1.3 Statische und dynamische Eigenschaften von Sensoren .....	90
4.2 Anforderungen an Sensoren .....	93
4.3 Partitionierung von Sensoren .....	94
4.4 Sensorschnittstellen .....	95
4.4.1 Spannungsschnittstelle für induktive Sensoren .....	95
4.4.2 Analoge, ratiometrische Schnittstelle .....	95
4.4.3 Zweidrahtschnittstelle .....	97
4.4.4 Dreidrahtschnittstelle .....	98
4.4.5 Sensoranbindung über Bussysteme .....	99
4.5 Potentiometrische Winkelsensoren .....	100
4.6 Magnetische Sensoren zur Drehzahl- und Winkelbestimmung .....	101
4.6.1 Grundlagen des Magnetismus .....	101
4.6.2 Partitionierung magnetischer Sensoren .....	106
4.6.3 Induktive Drehzahlsensoren .....	107
4.6.4 Differentielle Hall-Sensoren zur Drehzahlmessung .....	108
4.6.5 AMR-Sensoren als Drehzahlsensoren .....	110
4.6.6 Hall-Sensoren als inkrementelle Positionssensoren .....	110
4.6.7 Hall-Sensoren als lineare Winkelsensoren .....	112
4.6.8 AMR-Sensoren als Winkelsensoren .....	113
4.7 Drucksensoren .....	114
4.8 Beschleunigungssensoren .....	116

4.9	Drehratensensoren .....	119
4.9.1	Messprinzip von Drehratensensoren .....	119
4.9.2	Aufbau und Funktionsweise von Drehratensensoren .....	121
4.10	Fertigung von mikromechanischen Sensoren .....	123
4.11	Regensensor .....	125
<b>5</b>	<b>Ottomotor-Steuerung .....</b>	<b>127</b>
5.1	Arbeitsweise von Ottomotoren .....	127
5.2	Aufbau von Motorsteuerungssystemen .....	128
5.2.1	Anforderungen an Motorsteuergeräte .....	128
5.2.2	Aufbau der Steuergeräteelektronik .....	128
5.3	Aufgaben von Motorsteuerungssystemen .....	130
5.4	Funktionsstruktur von Ottomotorsteuerungen .....	131
5.4.1	Drehmomentenbasierte Grundstruktur .....	131
5.4.2	Gemischbildungsfunktionen .....	137
5.4.3	Zündungsfunktionen .....	140
5.4.4	Verbrennungsfunktionen .....	141
5.4.5	Abgasfunktionen .....	143
5.4.6	Diagnosefunktionen .....	145
5.5	Entwicklungsprozess .....	149
<b>6</b>	<b>Dieselmotor-Steuerung .....</b>	<b>151</b>
6.1	Einleitung .....	151
6.2	Grundlagen .....	151
6.2.1	Gemischbildung und Selbstzündung .....	151
6.2.2	Kraftstoffeinspritzmenge .....	152
6.2.3	Einspritzzeitpunkt .....	153
6.2.4	Abgasgesetzgebung .....	154
6.3	Einspritzsysteme .....	155
6.3.1	Pumpe-Düse-System .....	156
6.3.2	Common-Rail-System .....	161
6.4	Motoraufladung .....	168
6.4.1	Einführung .....	168
6.4.2	Gemeinsamkeiten der Turbolader-Systeme .....	169
6.4.3	Laderarten .....	169
6.5	Motorlaufkultur und motorbeeinflusster Fahrkomfort .....	171
6.5.1	Thermische Starthilfe .....	171
6.5.2	Motorlaufkultur .....	172
6.5.3	Motorbeeinflusster Fahrkomfort .....	173
6.6	Schadstoffreduzierung .....	173
6.6.1	Innermotorische Schadstoffreduzierung .....	173
6.6.2	Abgasnachbehandlung .....	174
6.7	Diagnose .....	180
6.7.1	Gesetzliche On-Board-Diagnose .....	180
6.7.2	On-Board-Diagnose in der Werkstatt .....	182
6.7.3	Off-Board-Diagnose in der Werkstatt .....	184

<b>7</b>	<b>Getriebesteuerung</b>	191
7.1	Schaltpunktsteuerung	191
7.2	Geregelte Lastschaltung	193
7.2.1	Systemerklärung	193
7.2.2	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Schleifzeit“	196
7.2.3	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Reglereingriff“	198
7.3	Geregelte Wandlerkupplung	200
7.3.1	Systemerklärung	201
7.3.2	Regelung	202
7.3.3	Generierung und Anpassung des Sollwertes	202
7.3.4	Adaption	204
<b>8</b>	<b>Elektrische Energieversorgung</b>	209
8.1	Topologie der Ein- und Mehrspannungsbordnetze	209
8.1.1	12-V-Einspannungsbordnetz mit einer Batterie	209
8.1.2	Einspannungsbordnetz mit zwei Batterien	210
8.1.3	42-V-Einspannungsbordnetz	211
8.1.4	Mehrspannungsbordnetz im Schutz-Kleinspannungsbereich	211
8.1.5	Mehrspannungsbordnetz im Klein- und Niederspannungsbereich	213
8.1.6	Leitungssatz	213
8.2	Batterien und ergänzende Energiespeicher	214
8.2.1	Einführung	214
8.2.2	Batterien als Energiespeicher	215
8.2.3	Kondensatoren als ergänzende Energiespeicher	218
8.3	Fahrzeuggeneratoren	219
8.3.1	Einleitung	219
8.3.2	Klauenpolgenerator	219
8.3.3	Startergenerator	227
8.4	Elektrisches Energiemanagement	233
8.4.1	Fahrzustände und Leistungsbilanz	233
8.4.2	Regelung der Energieversorgung	235
8.4.3	Batteriesensorik	237
8.4.4	Batteriezustandserkennung	239
8.4.5	Bordnetzkomponenten des Energiemanagements	240
8.4.6	Last- und Generatormanagement	243
<b>9</b>	<b>Komfortelektronik</b>	247
9.1	Überblick	247
9.2	Allgemeine Anforderungen	247
9.2.1	Elektrische Anforderungen	247
9.2.2	Mechanische Anforderungen	248
9.2.3	Umweltanforderungen	249
9.3	Anforderungen an die Software	249
9.4	Vernetzung der Steuergeräte	250

9.5	Fensterheberelektronik .....	251
9.6	Türsteuergeräte .....	253
9.7	Sitzsteuergeräte .....	255
9.8	Klimasteuergeräte .....	257
<b>10</b>	<b>Sicherheitsaspekte und funktionale Sicherheit .....</b>	<b>259</b>
10.1	Definitionen von Begriffen .....	259
10.2	Gesetze, Normen und Entwicklungsprozess .....	261
10.2.1	Normen und Standards .....	262
10.2.2	Entwicklungsprozess .....	265
10.3	Analyse der Systemzuverlässigkeit und Systemsicherheit .....	266
10.3.1	Fehlerarten .....	266
10.3.2	Annahmen .....	266
10.3.3	Zuverlässigkeitsfunktion und Ausfallwahrscheinlichkeit .....	267
10.3.4	Ausfallrate .....	267
10.3.5	Safe Failure Fraction .....	269
10.3.6	Diagnoseüberdeckung .....	271
10.3.7	Hardwarefehltoleranz .....	271
10.3.8	Typische Beispielgrößen .....	271
10.3.9	Verfügbarkeitskenngrößen .....	273
10.3.10	Zuverlässigkeitsfunktionen für Gesamtsysteme .....	273
10.4	Risikoabschätzung .....	275
10.4.1	Grundlagen .....	275
10.4.2	Risikoabschätzung und Safety Integrity Level .....	275
10.4.3	Zusammenhang zwischen verschiedenen Kenngrößen .....	276
10.4.4	Weitere Methoden der Risikoabschätzung .....	278
10.5	Methoden der Fehlererkennung .....	281
10.5.1	Fehlererkennung auf Prozessorebene .....	281
10.5.2	Fehlererkennung auf Programmausführungsebene .....	283
10.5.3	Fehlererkennung auf Systemebene .....	283
10.6	Fehlerbehandlung .....	283
10.6.1	Sicherheitslogik .....	283
10.7	Mögliche Realisierungen .....	286
10.8	Umwelteinflüsse .....	287
<b>11</b>	<b>Passive Sicherheit .....</b>	<b>291</b>
11.1	Grundlagen der Crashdynamik für die passive Sicherheit .....	292
11.2	Sicherheitselektronik und Rückhaltesysteme .....	293
11.3	Sicherheitskonzept und Algorithmus .....	298
11.4	Sitzbelegungserkennung und Insassenklassifizierung .....	301
11.5	Überrollschutz .....	303
11.6	Fußgängerschutz .....	305

<b>12 Fahrwerksregelsysteme und aktive Sicherheit</b> .....	309
12.1 Grundlagen .....	309
12.1.1 Grundlagen der Fahrdynamik .....	309
12.1.2 Grundlagen der Bremshydraulik .....	313
12.2 Brems- und Antriebsmomentenregelung .....	315
12.2.1 Anti-Blockier-System .....	315
12.2.2 Antriebs-Schlupf-Regelung und Motor-Schleppmoment-Regelung .....	318
12.2.3 Bremsassistent .....	320
12.3 Fahrdynamik-Regelung .....	321
<b>13 Fahrerassistenzsysteme</b> .....	329
13.1 Historische Entwicklung .....	329
13.2 Abstandssensorik .....	330
13.3 Adaptive Cruise Control .....	333
13.4 Precrash-Systeme .....	333
13.5 Bildverarbeitung in Fahrerassistenzsystemen .....	335
13.5.1 Grundlagen .....	335
13.5.2 Bildaufnehmer .....	336
13.5.3 Bildinterpretation und Auswertung .....	337
13.5.4 Anwendungen .....	339
13.6 Ausblick .....	339
<b>14 Navigationssysteme</b> .....	341
14.1 Einführung in moderne Fahrzeugnavigationssysteme .....	341
14.2 Komponenten eines Navigationssystems .....	342
14.2.1 Benutzerschnittstelle .....	343
14.2.2 Datenbank .....	344
14.2.3 Positionierung .....	346
14.2.4 Map-Matching .....	347
14.2.5 Routenberechnung .....	348
14.2.6 Zielführung .....	352
<b>15 Lichttechnik</b> .....	355
15.1 Formeln und Einheiten der Lichttechnik .....	355
15.1.1 Von der strahlungsphysikalischen zur lichttechnischen Größe .....	355
15.1.2 Spektrale Empfindlichkeit des Auges .....	356
15.1.3 Lichtstrom .....	358
15.1.4 Raumwinkel .....	359
15.1.5 Lichtstärke .....	360
15.1.6 Beleuchtungsstärke .....	361
15.1.7 Leuchtdichte .....	362
15.2 Lichttechnische Stoffkennzahlen .....	363
15.3 Photometrie .....	364
15.3.1 Photometrisches Grundgesetz .....	364
15.3.2 Photometrisches Entfernungsgesetz .....	365

15.4	Farbmetrik .....	366
15.4.1	Begriffsbildung .....	366
15.4.2	Von der strahlungsphysikalischen zur farbmetrischen Größe .....	366
15.4.3	Grundspektralwertkurven .....	367
15.4.4	Die Farbtafel .....	368
15.4.5	Farbtemperatur .....	369
15.5	Farbe im Verkehrsraum .....	371
15.6	Lichttechnische Einrichtungen am Fahrzeug .....	371
15.7	Lichtquellen und deren elektrische Eigenschaften .....	374
15.7.1	Temperaturstrahler .....	374
15.7.2	Halogen-Lampen .....	374
15.7.3	Gasentladungslampen .....	375
15.7.4	Leuchtdioden .....	377
15.8	Frontbeleuchtungssysteme .....	378
15.8.1	Leuchtweitenregulierung .....	379
15.8.2	Kurvenlicht .....	380
15.8.3	Variable Lichtverteilungen .....	381
15.8.4	Absicherung und Ansteuerung .....	383
<b>16</b>	<b>Diagnose .....</b>	<b>389</b>
16.1	Begriffsdefinitionen .....	389
16.1.1	Der erweiterte Diagnosebegriff .....	389
16.1.2	Steuergeräte-Fehlercodes .....	389
16.1.3	Diagnosedienste, Messwerte, Ansteuerungen .....	389
16.1.4	Steuergeräte-Programmierung .....	390
16.1.5	Steuergeräte-Konfiguration .....	390
16.2	Diagnose-Entwicklungsprozess .....	391
16.2.1	Diagnose als Funktion im Steuergerät .....	391
16.2.2	Beteiligte am Diagnose-Entwicklungsprozess .....	391
16.2.3	Entwicklungsprozess für Diagnosedaten .....	392
16.2.4	Erweitertes V-Modell für die Diagnose .....	393
16.2.5	Definition der Diagnoseinhalte .....	394
16.2.6	Diagnosefunktionen im Steuergerät .....	394
16.2.7	Test und Integration .....	395
16.3	Diagnosestandards .....	395
16.3.1	Organisationen zur Standardisierung .....	395
16.3.2	Diagnose-Kommunikationsprotokolle .....	395
16.3.3	Architekturmodell des Diagnose-Kommunikationssystems .....	396
16.3.4	Diagnose-Kommunikationsinterface und Bussystemschnittstelle .....	397
16.3.5	Diagnose-Kommunikationsdaten .....	398
16.3.6	Diagnose-Anwendungsschnittstelle .....	398
16.4	Diagnose in der Fahrzeugproduktion .....	399
16.4.1	Diagnoseprozesse in der Fahrzeugproduktion .....	399
16.4.2	Diagnose-Testgeräte in der Fahrzeugproduktion .....	406
16.4.3	Tools zur Analyse und zur Fehlersuche .....	408
16.4.4	Diagnoseprozess Flashen in der Fahrzeugproduktion .....	410



---

<b>Anhang</b> .....	413
A Normung und Standardisierung .....	413
B Kennzeichnungen .....	414
B.1 Kennbuchstaben .....	414
B.2 Klemmenbezeichnungen .....	416
B.3 Leitungskennzeichnung .....	417
B.4 Grafische Symbole für Schaltpläne .....	417
C Darstellungs- und Schaltplanarten .....	417
C.1 Anordnungsplan .....	417
C.2 Übersichtsschaltplan .....	419
C.3 Blockschaltplan .....	419
C.4 Feldeinteilung als Orientierungshilfe .....	420
C.5 Zusammenhängende und aufgelöste Darstellung .....	420
C.6 Neue Darstellungsformen im Wandel der Technik .....	421
D IP-Schutzarten .....	423
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	425
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	435